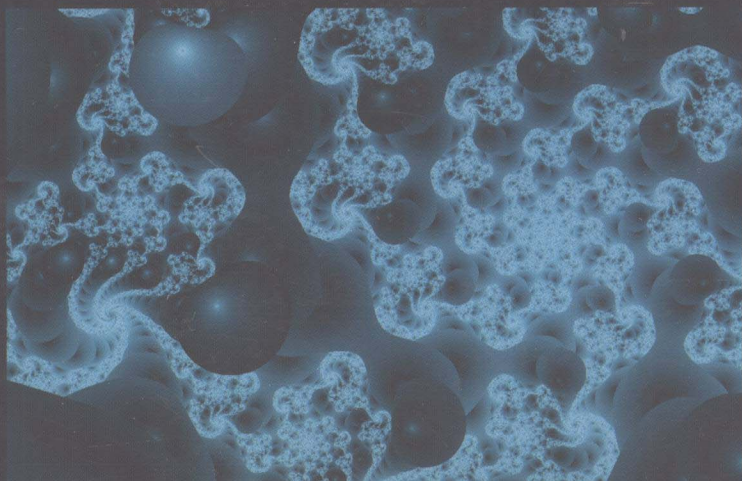


数 码 艺 术

彩色的数与数的色彩

中国科学院生态环境研究中心 王本楠/著

数码艺术基于数学模型，
作品往往出其不意、瞬息万变，
能使人们超越认识的局限，
感受科学与艺术的完美统一。



科学出版社

数码艺术

彩色的数与数的色彩

中国科学院生态环境研究中心

王本楠 著

科学出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

数码艺术：彩色的数与数的色彩 / 王本楠著. —北京：科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-033456-5

I. ①数… II. ①王… III. ①数字技术-应用-艺术 IV. ①J-39

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第015524号

责任编辑：张 凡 程 凤 / 责任校对：李 影

责任印制：赵德静 / 封面设计：无极书装

联系电话：010-6403 5853

电子邮箱：houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

文物出版社印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 3 月第 一 版 开本：787 × 1092 1/16

2012 年 3 月第一次印刷 印张：7 1/2

字数：180 000

定价：39.00 元

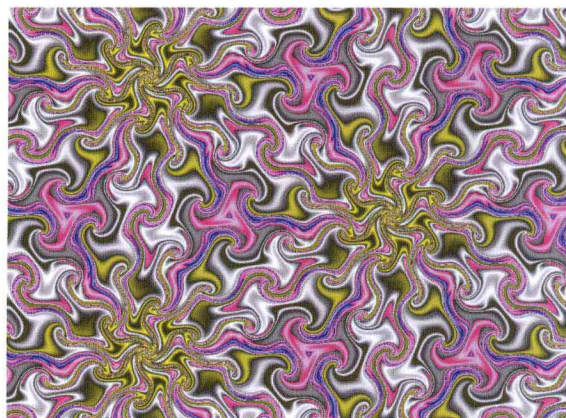
(如有印装质量问题，我社负责调换)

前言

综观社会文明史，从古至今，人们总是用各种方式来装点、装饰自己的生活。可以说人类历史上再也没有任何别的事物像装饰艺术般与人类的生产、生活息息相关；也可以说，装饰艺术与人类社会文明共存。我们的先民，哪怕刚刚学会用泥土烧制器皿，在冲破一道道技术难关的同时，并没有忘记以不同色彩在自己制作的陶器上勾画出各类美妙的图案来美化、装点自己的作品。

事实上，人们赖以生存的大自然本身就是一幅幅美丽的画卷。山川河流，村庄田园，森林草原，花草树木，无不显露出优美的造型。在科技高度发达的今天，无论是借助哈伯望远镜等观测到的宏观世界，还是显微镜下的微观世界，其结构同样生动美妙。也就是说，无论是在宏观还是微观的世界之中，我们都能见到如此真实又如此精美的画面。如此说来，人类真是幸运，能够生活在这个无比生动、美丽的地球之上。

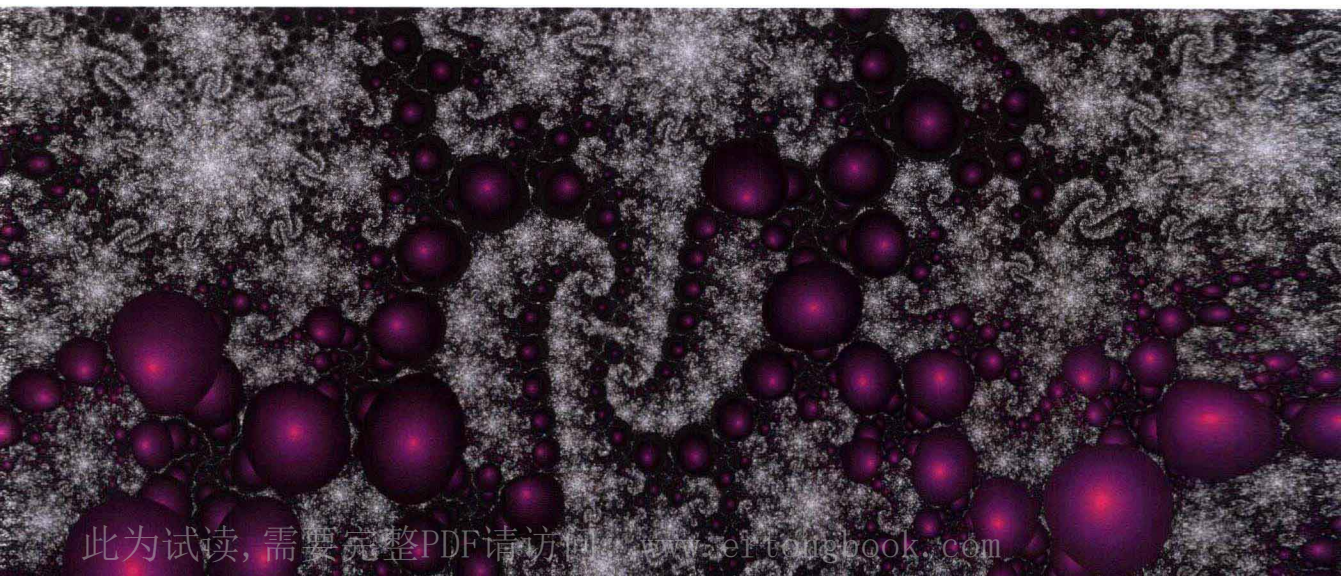
艺术的发展也从一个侧面反映出人们的生活理念、世界观及宗教信仰。中国人自古就对“对称”特别感兴趣，因此对称总是处处体现在古代建筑艺术之中。中国人又特别崇

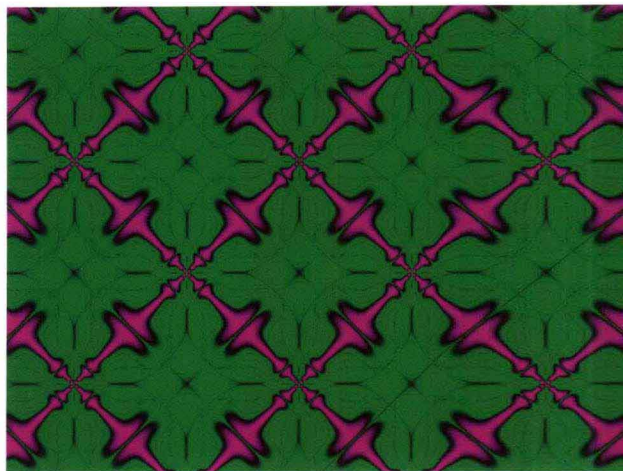
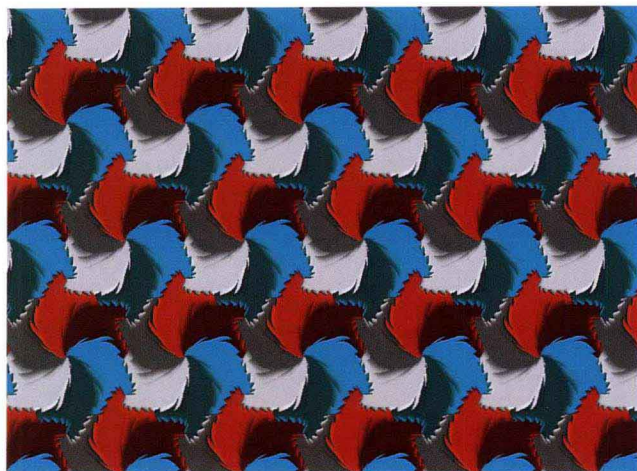


尚自然，士大夫纵情于山水，爱真山真水，尤爱画山画水，故有《富春山居图》等具有中国特色的水墨山水画卷流传于世。“当其屏障列前，帧册盈几，面彼峥嵘遐旷，峰翠欲流，泉声若答，时而烟云暗霭，时而景物清和，宛若置身于一丘一壑之间”（语出《芥子园画传》）描绘出中国古人对山水画的理解。而希腊的传统精神对“黄金分割”情有独钟，所以建筑、绘画、雕塑等艺术品无不体现出这种人体美的“黄金分割”标准。回教有禁止一切“活的、有生命”的偶像崇拜的戒律，因此，才有别具特色的几何纹样的阿拉伯装饰艺术。

一般而言，艺术家把观察到的美景加以整理，记录下来，再现世界之美。但是，人的大脑不单单是自然界的复印机，大脑的创造力不会止于对自然之物的复制，不会停留在“再现”这个层面。于是，由“具象”到“抽象”，进入了几何世界，即所谓的“抽象图案”。位于西班牙格拉纳达的亚罕布拉宫殿的精致无比的几何纹样装饰就是无与伦比的抽象图案的典范。

同时，也有人认为，即使形式是抽象的，其表达也总存留有自然界中的元素。也就是说抽象图案也存留着具象的痕迹。抽象图案的产生，也需要借助对自然之物的模仿。例如，由蔓草或蛇的纠缠而创作出来细纹样；“龙纹”及“线纹”的变化，就是使单纯化的东西抽象化。有人认为，就连上述的亚罕布拉宫殿的纯粹阿拉伯式的几何纹样，也是从埃及的涡纹发展而成的希腊的蔓藤纹饰，随后其他的有机特性渐渐消退，从而形成完全抽象的几何图案。





也许真是如此，人本身就是自然的造物，活动在自然之中，耳濡目染，无不受之于自然，知识无不来源于自然。尽管我们可以说“人非草木”，但是人毕竟生长在自然之中并非“超然之物”。因此，人的思维不会超越自然而存在，创作也必然会受到自然的影响，作品也就必然留存自然元素的影子。

艺术的发展也与科技进步“齐头并进”；在计算机功能日臻完善的今天，其强大的图形图像功能的开发利用，使得艺术有了新的研究手段和研究工具，进入了一个崭新的阶段。

分形几何的创立，给数学注入了新的活力。曾几何时，数学在一般人眼里只是些干巴巴的枯燥无味的符号与公式。而今，原先那些只有少数人才感兴趣的公式，以及映射、变换、迭代、递归等专业术语，有了可视化的手段。数码艺术应运而生。换言之，数码艺术改变了人们对数学的片面认识，也为艺术本身注入了新元素，使艺术有了改头换面的机会。这是一次真正的革命，是“科学与艺术的高度统一”。

现今，科学技术高度发达，物质文明日趋成熟，对艺术的要求更是多样化。传统的装饰风格，那些见惯了的自然景物，脑海里可以想象出的记号，甚至那些熟识的几何形状，已经不能完全满足人们的需求。他们急于探索未知的世界，急于探知未来的艺术，喜欢那些引入进入幻境的“幻象图案”。

当然，人们的生活空间是有限的，人们所接触到的东西是有限的，人们的知识面也是有限的，因此，传统的创作总是取材于自然界，即使是所谓抽象作品也还是或多或少地具

有自然界元素的影子。

数码艺术通过计算机程序揭示出数学的内在结构，使我们认识了一个从未接触到的世界。与传统艺术不同，它不是通过人脑构思而“画出来的”；而是由计算机程序“计算出来的”。这是真正的计算机本身的艺术创作，超越了人类大脑认识的局限性，其图案往往出其不意、瞬息万变、精致而奇妙，完全超越人们的想象。数码艺术迎合了现代人的生活需求，在各个领域都将会有用武之地。

在本书中，笔者不厌其烦地论述，就是想传达这样一种理念，即“科学与艺术的统一”。要提醒科学工作者的是，数码艺术就实实在在地存在于你的研究领域之中，存在于你自己所设计的模型之中。科技著述不应该，也没必要只是致力于严肃论述与严谨的公式推导。事实上，你的研究领域如同你的生活环境一样多姿多彩。或许，任何领域都可以呈现出一幅幅的艺术作品。这些有待我们用心发现的艺术作品，不仅仅为我们的环境增添了色彩，也是研究数学模型的有益辅助方法。

本书以传统的欧几里得几何学、非欧几何学及近年所兴起的分形几何学等为基础，结合各科数学成就，如群论、函数论等，以映射、变换、迭代、递归等数学运算为工具，通过计算机编程进行数码艺术创作。

本书还对以往艺术家较少涉及的领域进行探索。例如，几乎无人不晓的道家“阴阳鱼”图案，以及埃舍尔作品中的“二色交错”图。本书试图以数学中的著名“四色问题”为基础，利用计算机进行三色交错与四色交错图案的创作。

本书是一次新的尝试，难免有疏漏之处，还请读者批评指正，只当是“抛砖引玉”，希望能够引起读者对数码艺术的兴趣。

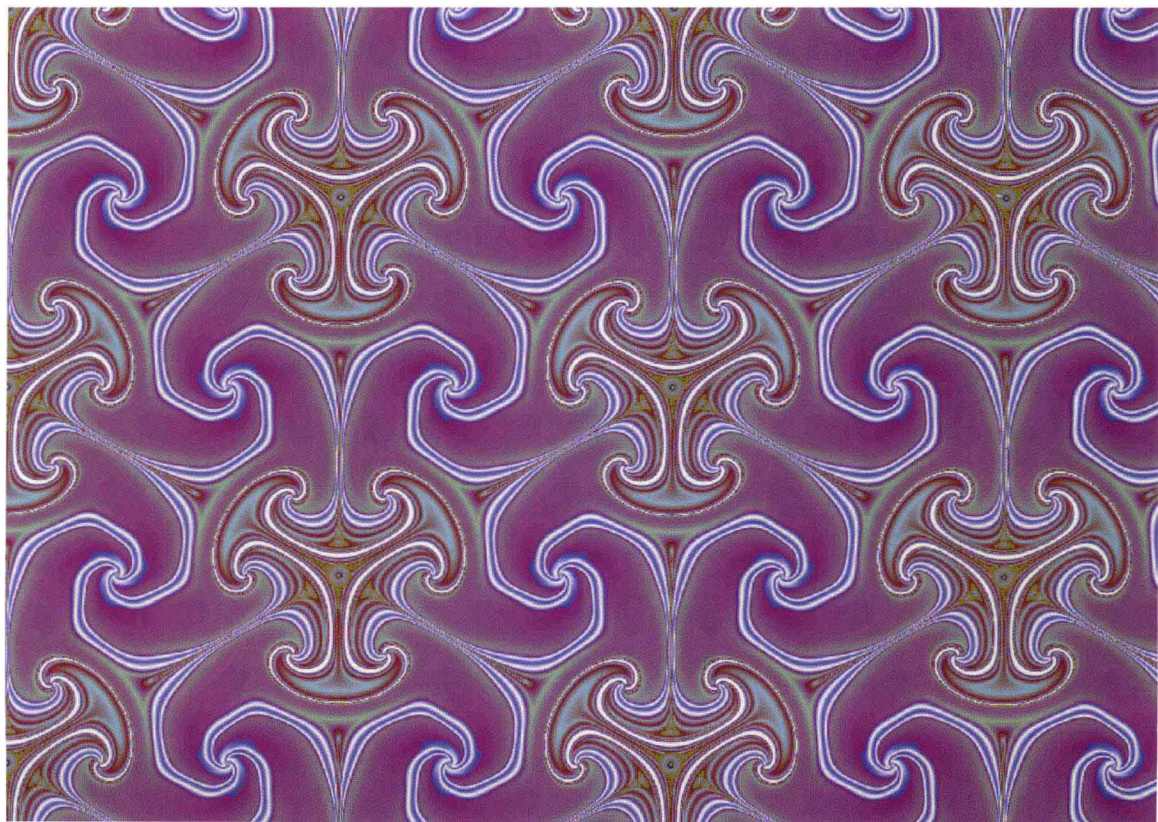
王本楠

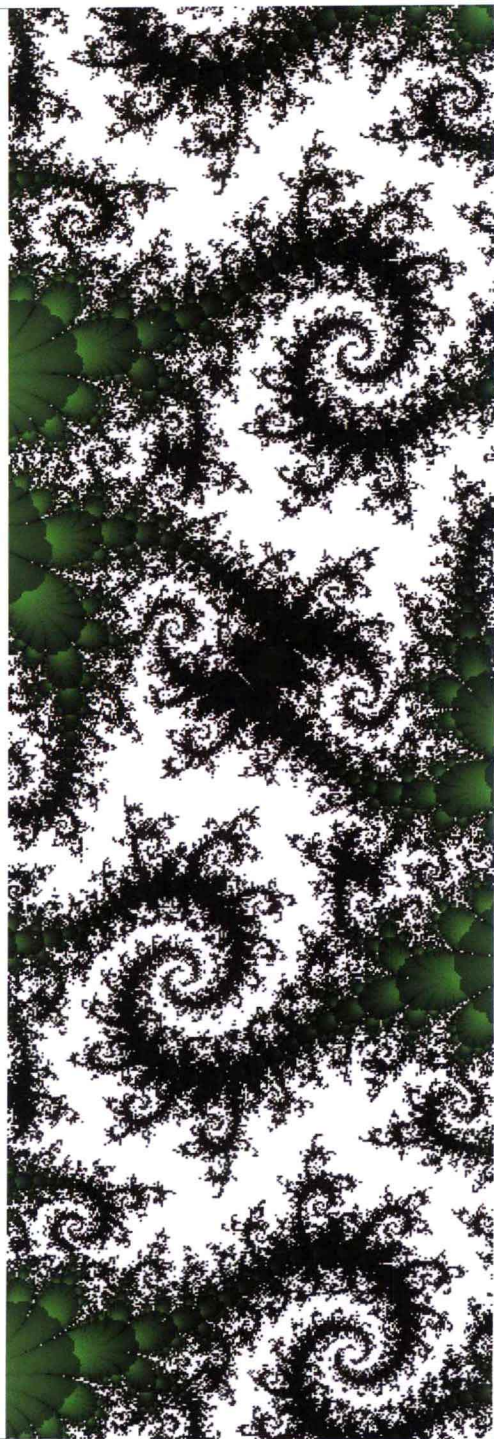
2011年11月1日



金葫芦满架

三次对称





目 录

contents

前 言

绪 论 科学与艺术的统一 / 1

第 1 章 从数学到艺术 / 12

第 2 章 数码艺术创作实例 / 27

第 3 章 神奇的分形艺术 / 37

第 4 章 分形与传统文化 / 57

第 5 章 源于双曲函数的艺术创作 / 69

第 6 章 对称的魅力 / 83

第 7 章 数码创作之技巧 / 99

后 记 / 112

科学与艺术的统一

笔者特意为本书设计了一个回形副书名——彩色的数与数的色彩，通过这个副书名表达这样一种理念，即“数”与“色彩”之间有着密不可分的关系。从某种意义上说，它们还是同一个事物的两个方面。数和色彩可能是我们的先民在生活实践中最早认识到的两个与自己的生产、生活紧密相关的重要概念。数是生产生活中不可或缺的重要概念之一。而色彩又是产生视觉愉悦、美化生活之第一感观。因此，如果说人们在初级文明阶段，为了物质生活上的需求而创造了数；那么，在精神层面上，为了美化生活，以使生活更加精彩而认识了色彩。

既然是讨论数与色彩，第一个重要概念自然就是数。而对数的“操作”（简单的如加、减、乘、除，较为复杂一些的如迭代、递归）就是运算或叫演算，也就是数学。数学是研究数与形的科学。说到形，也就必须认识一下形的具体表达，即“图”；因此，“图，形”这两个字总是一起出现的，即人们常说的“图形”。要将形表达出来，就得画；换言之，这是又一个与图共生的词，即“图画”。图画，还有图案，也就是人们常说的“美术”，这就进一步与“艺术”关联起来。这就是说，通过形，数就能与色彩和艺术联系在一起。事实上，数学本来就与艺术相互关联。尽管这是一个相当简单的道理，而以往却并未引起更多的注意。甚至于有人错误地认为，数学与艺术根本就是“不搭边”的两个完全不同的东西。

说到数学，又有一些不得不提的概念，如表达式、函数、方程式、公式、模型等；还有一些与演算有关的概念，如反馈、迭代、递归、变换等；以及与运算结果有关的概念，如收敛、发散、逼近等。



螺旋

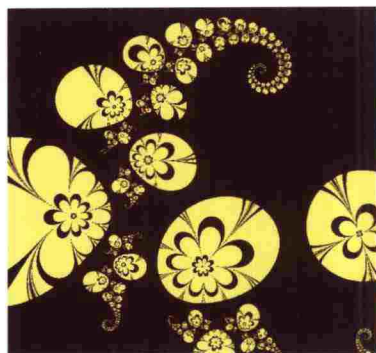
彩云追月



数学中，以上所有概念都有其特定的数学意义，我们这里不可能对它们一一加以讨论。不过，在正文中我们会时刻用到这些概念，而不加过多解释；甚至有时几个相似概念交替使用，只要不引起特别混淆，我们也不探讨它们的细微差别。因为在撰写本书时，我们已经假定阅读本书的读者对于数学并不陌生。然而，即使对于并不十分熟



翡翠雕件



剪纸：窗花



剪纸：礼花

悉数学的读者，一般来说，也并不影响阅读。因为书中的插图及其别具特色的艺术形式，也足以吸引你的注意力。

正如前段提及的，谈到数和色彩就必然涉及另一个重要概念“图”，以及另外几个相关概念，如形、图形、图像、图案、图画、图片等。对这些概念的界定及含义的讨论，不是本书的研究内容。其实，真正界定这些概念的“定义域”确实是相当困难的。要说的是，在后文中我们将随时用到这些词语，同样，我们并不顾及它们之间的细微差别。

我们的先民用“结绳”来记数，事实上，他们是用具体的“形”来表达抽象的“数”。这样做，他们已经将“形”与“数”这两个生活中不可或缺的重要概念结合起来了。而我们，更是因为有了解析几何学，通过坐标系，把数与形更加紧密地统一起来。当先人们为了装点自己的创作，在泥陶表面用不同颜色勾勒出各种图案时，他们已经认识到图与色彩是不可分割的统一体。

在科技高度发达的今天，特别是在计算机强大而齐全的图形功能出现之后，通过计算机

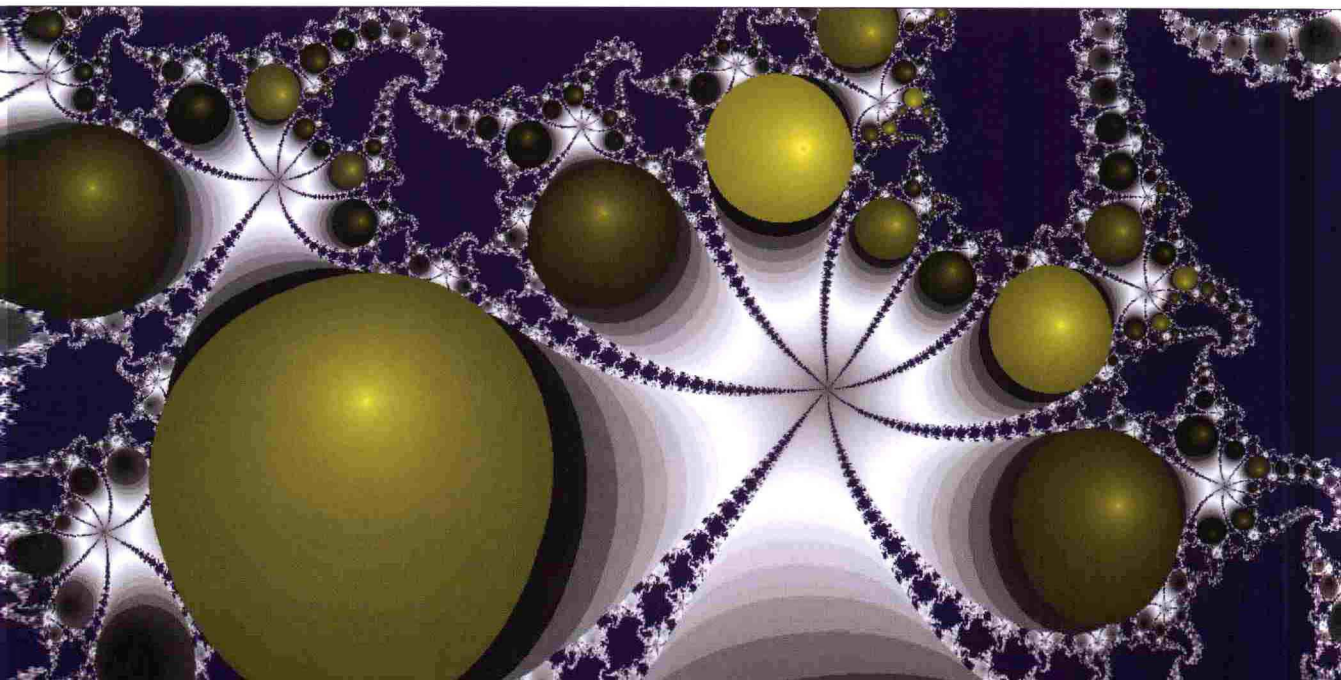


翡翠雕件

计算机屏幕以外，所使用的编程工具、数据类型，以及后期制作都是八仙过海、各显其能。

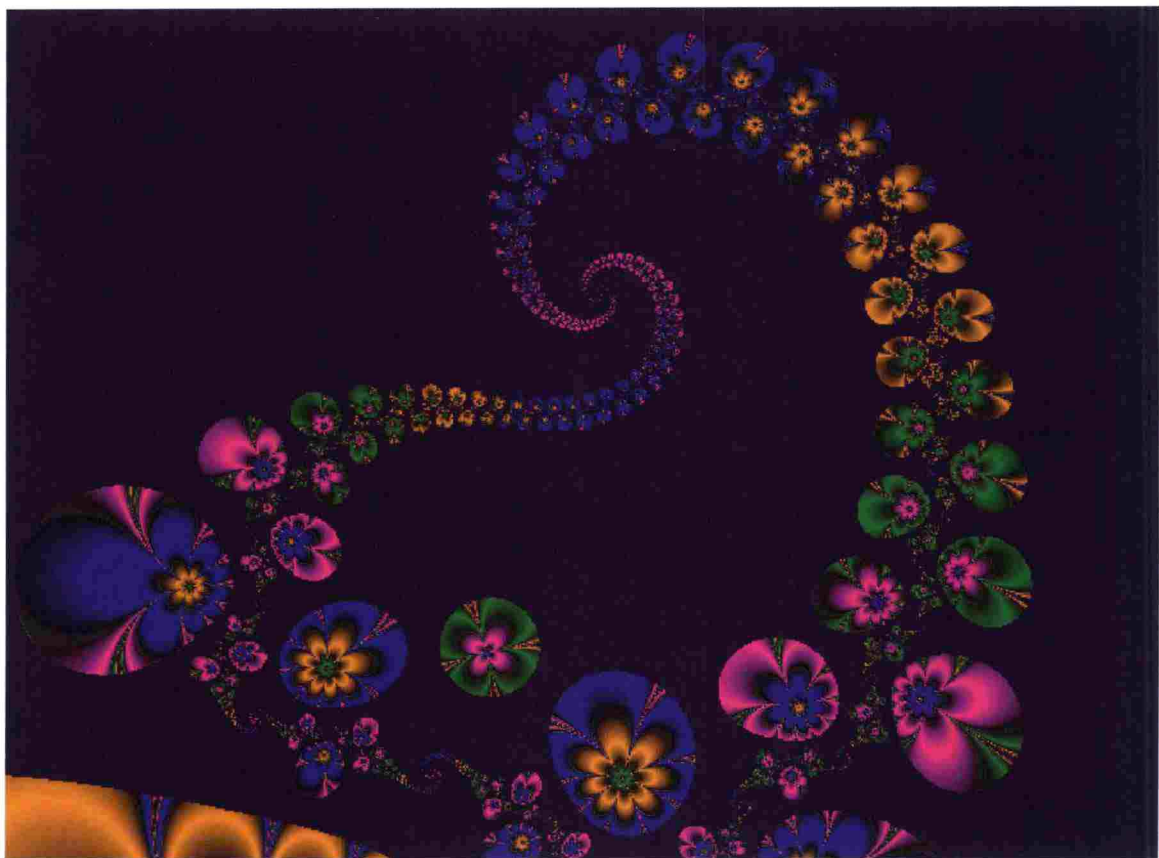
介绍以往浩如烟海的有关数码艺术的文献，讨论“什么是数码艺术”，争论它们孰是孰非，这些都不是本书的目的。本书所能做和想做的，是对数码艺术创作中的数学方法进行有趣

鼉龙献珠



屏幕，我们知道，色彩和数本来就是一个东西。就拿我们的“RGB-彩色系统”来说，任何一种色彩都是一个由 R 、 G 、 B 构成的“三元数组”。也就是说，如果在计算机上用数学演算来进行艺术创作，数与色彩完全就是一个东西。这也就是说，数就是色彩，而色彩也就是数。这种彩色的数与数的色彩就构成数码艺术不同于传统艺术的最大特点。

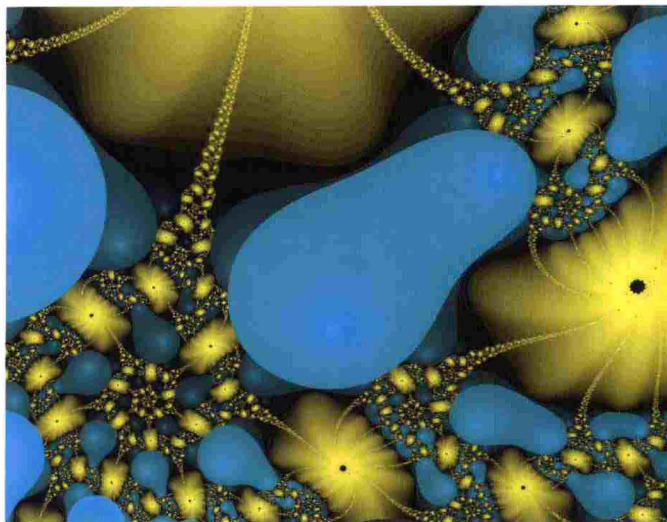
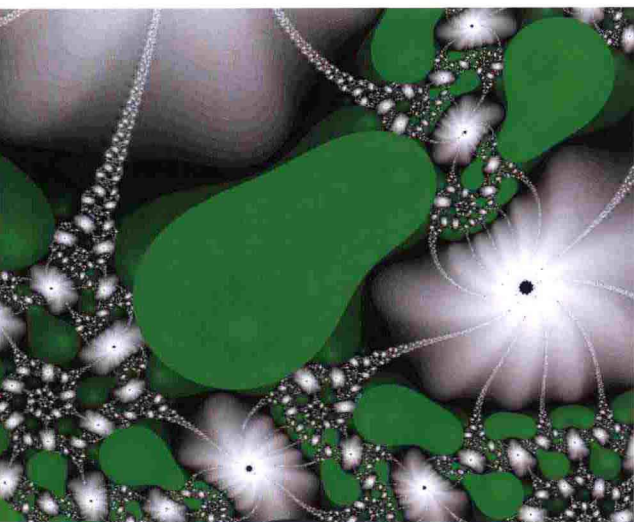
正如传统的艺术创作，不论其载体、工具还是创作方法和创作风格都可以是五花八门、不拘一格的。同样，数码艺术，除了有一个统一的载体，即计



天女散花

的探究。笔者愿意把自己创作中的一点体会与大家分享。这或许只是“挂一漏万”的一家之言，不管怎样，它总是笔者多年来在这一领域工作的总结和思考。也可以说，本书只是向读者介绍一些笔者自己的工作经验和学习心得。从另一个意义上说，笔者更愿意将一本画册奉献给读者。因此，读者完全可以不深究本书在说些什么，只当是艺术欣赏也无不可。那些对数码艺术创作有兴趣或想从书中得到某些启发的读者，也无须逐句逐段地考究本书内容。因为，数码艺术也是一个艺术创作过程，艺术创作是“灵感”与“技艺”并重的。

首先，我们将给出数码艺术严格的数学定义。根据这个定义，我们将证明，数码艺术有自己的特征，有其本身的研究领域和独到的创作法则；还要证明这不仅仅是一个数学定义，同时也是一个可操作的具体方案。此外，我们还将结合创作实例，讨论一系列数码艺术创作的数



链坠与葫芦

学方法。通过大量精美的图片，说明这是一种不同于传统艺术、别具风格的新型艺术门类。

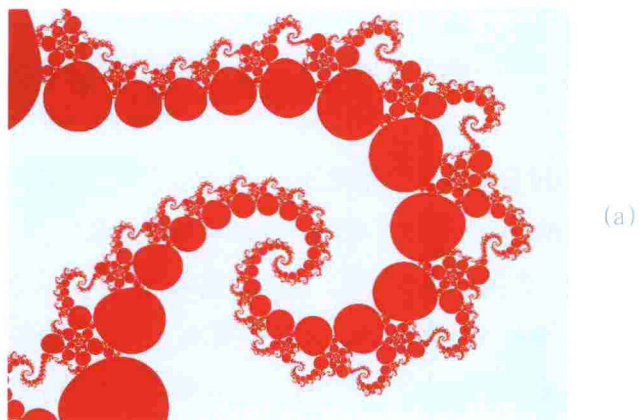
为了保证本书所有图片的原创性，本书没有收录其他文献中的任何作品；书中所有插图均由计算机程序自动生成，不加任何“人工”修饰，为了图像的某种效果进行加工，也只是对计算程序的修改或添加程序语句，或者是设计一系列的参数变量，通过输入不同的变量值以达到不同的视觉效果。

因为我们的创作程序无一例外地用（C++/C）编程语言编写，所以在正文的叙述过程中难免掺杂有相应计算机编程语言的痕迹。

本书所述创作方法、技巧皆以实例为先。读者按部就班便能创作出自己的作品，或者纯熟即可旁通。

数码艺术，虽说是有赖于数学方法。但是，它也与传统艺术一样，不能仅依靠熟读“十六家皴法”就认为已经会画山水；即使精修了“三病，六法，十二忌”，不一定能创作出一幅《富春山居图》；掌握了“四贵，五忌，三十六病”，也不一定就能成为画梅大师。

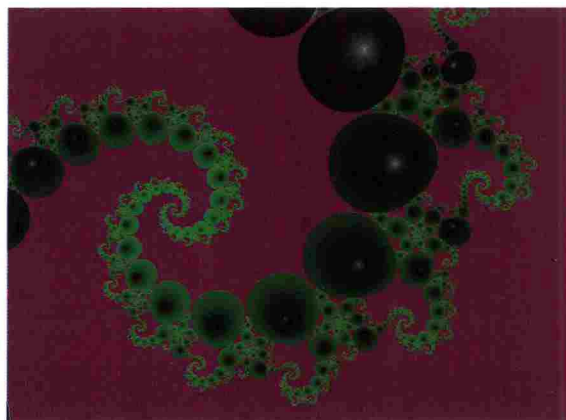
古有“三品”（语出《芥子园画传》）之说：气韵生动，出于天成，人莫窥其巧者，谓之“神品”；笔墨超绝，敷染得宜，意趣有余者，谓之“妙品”；得其形似而不失规矩者，谓之“能品”。数码艺术又何尝不是如此？只会一招半式是不能说自己掌握了创作技巧的。



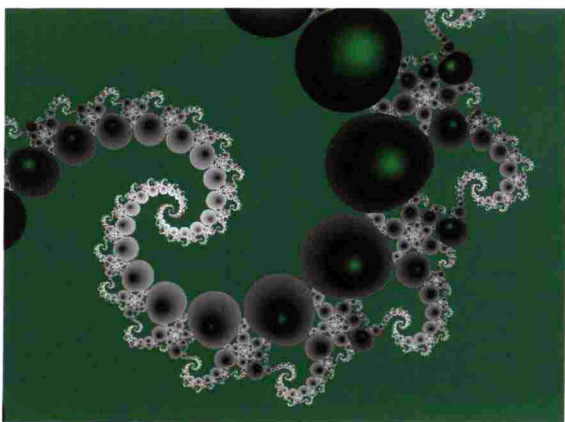
(a)



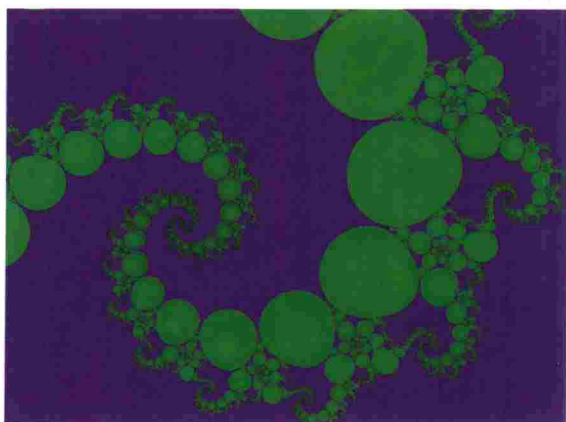
(b)



(c)



(d)



(e)

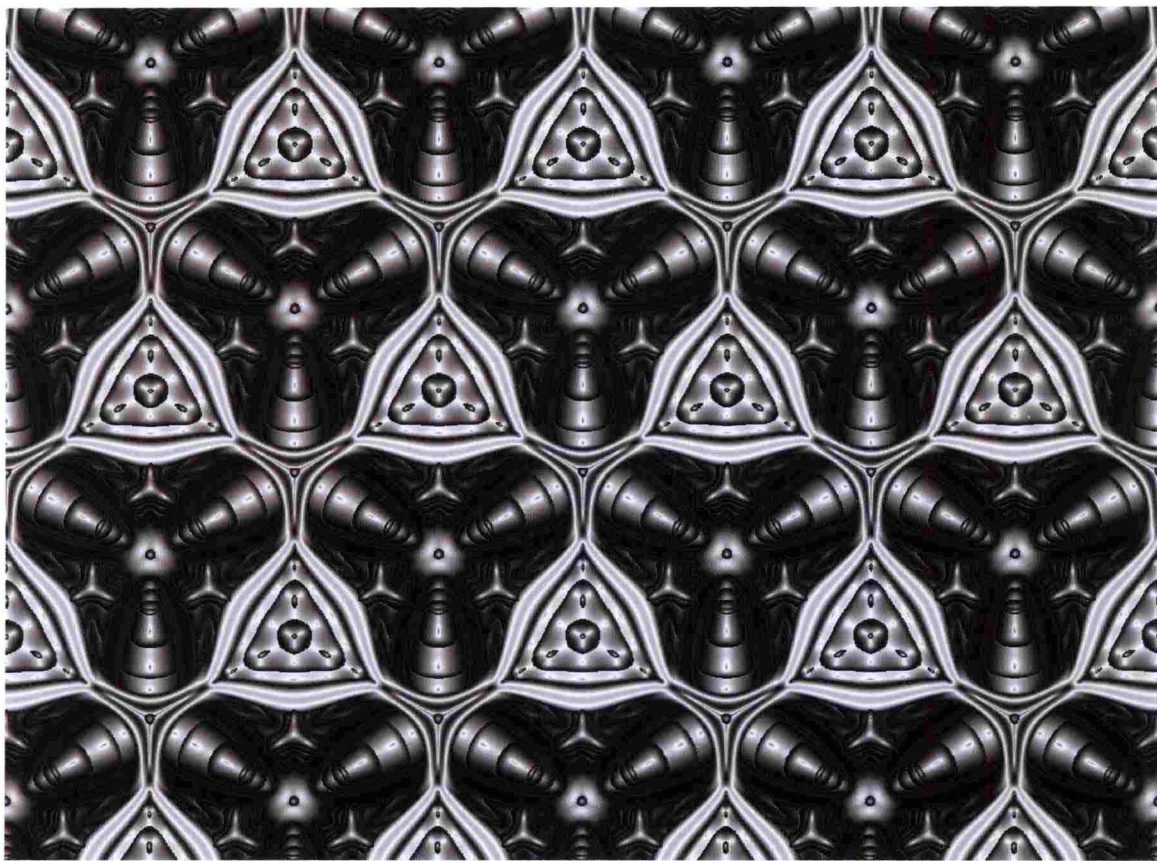
项链

注：(a) 选择了一个结构图，定名为项链；(b) 适当调整作图区间与颜色；
(c)、(d) 调整计算机程序中设置的一个有关着色的参数，珠子开始生长；(e) 继续调整着色参数，翡翠项链完成。

所谓，功到自然成；不经千锤百炼，哪能有神品问世？作品的神韵要有不懈努力、精益求精的精神才能铸就。

“项链”图展示了通过设色技巧使图案添加神韵的过程。其实，这只不过是在计算机程序中设置了一个有关着色的参数，只要不断地变换这个参数，我们就可以轻易地实现“彩珠”的生成过程及颜色的改变，即实现动画效果。这也是数码艺术的诱人之处。

数码艺术是真正的计算机本身的创作。从这个意义上说，将数码艺术称为计算机艺术亦无不可。数码艺术创作的基本工具是数学和计算机，超越人类大脑的想象力，作品有很大的随



三次对称

注：平面上的三次对称，具有纵轴镜面反射对称，双向周期无限延展。

- ①根据对称群理论，设计一个满足要求的程序框架（参见第6章）；②输入函数及相应参数；
③计算机显示图案，图案必定满足以上的对称要求；④挑选一个认为不错的结构；⑤变换设色，使其达到理想艺术效果。